

تأثیر نسبت‌های مختلف Ca:B بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم

مریم سامانی^۱، *اسماعیل دردی‌پور^۲، فرهاد خرمالی^۳ و کامبیز بازرگان^۴

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه علوم خاک،

^۳ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴ استاد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۵ استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: بور یکی از دو غیرفلز کم‌مصرف است. غلظت بور کل در خاک‌ها بین ۲ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تغییر می‌کند و اغلب از ۷ تا ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر است. کم‌تر از ۵ درصد بور کل خاک برای گیاهان قابل‌استفاده است. وظیفه اولیه بور در گیاه تمامیت ساختمانی دیواره سلولی است. بور برای انبساط سلولی، تنظیم انتقال H^+ ، نگهداری کلسیم سلولی و کنترل تولید لیگنین به‌دنبال اتساع سلولی دارای اهمیت است. پایداری دیواره سلولی به‌ویژه در طول رشد لوله‌گردد که برای تولید بذر ضروری است، اهمیت دارد. بور کافی، تولید و بقاء گل و تشکیل دانه و میوه را افزایش می‌دهد. کمبود بور اغلب در غلظت کم‌تر از ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در بافت برگ‌ها و بالغ‌تر گیاهان مشاهده می‌شود. سمیت بور برای گیاهان در بیش‌تر خاک‌های زراعی غیرمعمول است مگر این‌که به‌صورت مصرف بی‌رویه کودی افزوده شده باشد. وقتی که کلسیم قابل‌استفاده در گیاه بالا باشد، گیاه می‌تواند بور قابل‌جذب بیش‌تری را تحمل کند. در شرایط فراهمی کم‌کلسیم، بیش‌تر گیاهان تحمل کم‌تری به بور نشان می‌دهند. کلسیم محلول بالا گیاهان را از بور اضافی محافظت می‌کند. نسبت Ca:B در بافت‌های برگ‌ها برای ارزیابی وضعیت بور گیاهان مورد استفاده واقع شده است، که در آن کمبود بور برای بیش‌تر گیاهان محتمل است اگر نسبت Ca:B بزرگ‌تر از ۱:۱۲۰۰ باشد. هدف اصلی از انجام این پژوهش، توجه اندکی است که به اثر نسبت‌های کلسیم به بور بر روی جذب عناصر غذایی شده، به‌ویژه در گندم که سطح زیر کشت زیادی را به خود اختصاص داده است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش اثر نسبت‌های مختلف کلسیم به بور بر روی عملکرد و تجمع عناصر غذایی در گیاه گندم مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۴ تکرار در گلخانه انجام شد. نسبت‌های C:B در محیط کشت شامل ۱:۲۰۰۰، ۱:۱۰۰۰، ۱:۵۰۰، ۱:۲۵۰، ۱:۱۲۵، ۱:۲۵ بود. در هر گلدان ۲۰ عدد بذر گندم در یک محیط شن و پرلیت کشت شدند. مواد و عناصر غذایی از طریق محلول هوگلند به گیاهان داده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که با کاهش نسبت Ca:B در صد ماده خشک گیاه افزایش یافت و افزایش مقدار کلسیم اثرات نامطلوب بور را کاهش داد. مقادیر فسفر، پتاسیم، منیزیم، بور و سدیم در گیاه با کاهش نسبت Ca:B در محلول کشت، افزایش یافتند. روابط معکوس مهمی میان نسبت‌های Ca:B و سایر عناصر غذایی وجود داشت.

نتیجه‌گیری: بنابراین، با توجه به اهمیت بور در تولید گل و تشکیل دانه و به‌دلیل محدوده باریک‌بین کمبود و سمیت بور، باید به نسبت Ca:B به هنگام مصرف بور توجه کافی داشت.

واژه‌های کلیدی: کلسیم، بور، نسبت، گندم، جذب

مقدمه

تغذیه بهینه گیاهی شرط اصلی بهبود کمی و کیفی محصول است. در تغذیه گیاه نه تنها باید هر عنصر به اندازه کافی در دسترس آن قرار گیرد، بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان همه عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا در هر حالت عدم تعادل تغذیه‌ای، با افزودن مقداری از عناصر غذایی نه تنها افزایش عملکردی رخ نمی‌دهد، بلکه اختلالاتی نیز در رشد گیاه ایجاد می‌شود و در نهایت افت محصول رخ می‌دهد. یک رابطه آنتاگونیسمی بین فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم وجود دارد که این رابطه باعث عدم تعادل در تغذیه می‌شود (۴).

بور از گروه شبه‌فلزات بوده و رفتاری بین فلزات و غیرفلزات دارد. عنصری مورد نیاز برای گیاهان آوندی، دیاتومه‌ها، تعدادی از گونه‌های تاژک‌داران آبی و بعضی از سیانوباکتری‌هاست که برای تثبیت نیاز به بور دارند. بور عنصری ضروری برای رشد و توسعه گیاهان عالی است که لزوم آن برای اولین بار در سال ۱۹۲۳ به اثبات رسید و از آن زمان به بعد دانش بشر درباره اهمیت بور در کشاورزی به سرعت رشد یافت. بور یکی از هفت ریزمغذی برای رشد طبیعی همه گیاهان است و دامنه بین کمبود و سمیت آن در گیاهان بسیار نزدیک است. جذب بور توسط گیاهان بیش‌تر توسط بور در محلول خاک کنترل می‌شود. از سوی دیگر بور به دلیل دامنه‌ای بسیار نزدیک بین حد کمبود و سمیت آن اغلب به‌عنوان یکی از مشکل‌سازترین عناصر غذایی ضروری برای گیاه است (۱۰، ۱۸). عناصر غذایی دارای اثرات متقابل بر روی یکدیگر هستند و نیز نسبت‌های مختلف عناصر اثرات و نتایج متفاوتی را بر روی گیاه دارد. مقدار کافی عناصر غذایی گیاه را قادر می‌کند که انرژی متابولیسم و ژنوتیپ را برای رشد حداکثر توسعه دهد (۱۵). جذب یون‌های غذایی به‌شدت تحت‌تأثیر غلظت یون‌ها در محلول و نیز حضور

یون‌های دیگر است (۴). گیاهی که دارای مقدار بالای کلسیم است به مقدار بالای بور نیاز دارد. فعالیت بور در گیاه همچنین با مقادیر یون‌های نیترات و سولفات مرتبط است. این حقیقت باعث می‌شود که باور کنیم بور در سنتز و تجزیه پروتئین و کربوهیدرات نقش دارد. این مطلب به‌خوبی مشخص شده است که گیاهان زراعی برای رشد نیاز بالایی به بور دارند (۱۳، ۱۶، ۲۰). این نکته را نیز می‌توان گفت که در شرایط کمبود بور غلظت سایر عناصر غذایی تغییر می‌کند که خود یک عامل مهم در کاهش عملکرد وزن خشک است (۲۵). سو و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند که با کاهش نسبت $Ca:B$ در محلول خاک، غلظت بور در بخش‌های هوایی و ریشه گیاه افزایش می‌یابد (۲۳). عادل‌اوغلو و عادل‌اوغلو (۲۰۰۶) دریافت که مصرف بور بر غلظت آهن در ذرت اثر مثبت دارد و افزایش قابلیت نفوذپذیری سلول‌های ریشه‌ای در خاک‌های با کمبود روی منجر به تجمع بور در ریشه گیاه می‌شود و نیز با افزایش مصرف بور و غلظت بور، غلظت مس در گیاه افزایش می‌یابد (۱). طارق و مات (۲۰۰۷) بیان داشتند که با کاهش نسبت $Ca:B$ در محلول خاک، غلظت و جذب بور در گیاه افزایش می‌یابد و میزان جذب بور تأثیرپذیر از نسبت کلسیم به بور است و نیز گفتند که غلظت سدیم، پتاسیم، منیزیم و فسفر با کاهش نسبت کلسیم به بور افزایش می‌یابد (۲۴). با کاهش نسبت $Ca:B$ مقدار فسفر در گیاه افزایش می‌یابد (۲). کاباتا-پندیاس و هیرنگ-پندیاس (۱۹۸۴) بیان کردند که جذب فسفر و بور از یک الگو پیروی می‌کند (۱۲). با کاهش نسبت کلسیم به بور عملکرد ماده خشک گیاه افزایش می‌یابد (۲۴)، (۳). سینگ و سینگ (۱۹۸۳) اظهار داشت که افزایش جذب سدیم و کاهش کلسیم در گیاهان در غلظت‌های بالای بور به دلیل تشکیل بورات سدیم در خاک است (۲۱). کاهش عملکرد در بادام‌زمینی به دلیل کمبود بور به ۱۰۰ درصد خواهد رسید (۲۲). دار (۲۰۰۴)

کردند با کاهش نسبت کلسیم به بور در محلول خاک، مقدار بور در گیاه افزایش می‌یابد (۲۳، ۸). این مطلب به‌خوبی روشن است که تغییر نسبت‌های کلسیم به بور اثرات و نتایج بارزی را در رشد و عملکرد گیاه دارد. این مطلب ممکن است به‌دلیل اثرات متقابل این دو عنصر بر روی تجمع عناصر دیگر در گیاه باشد. زیرا حداکثر رشد و عملکرد گیاه زمانی اتفاق می‌افتد که همه عناصر ضروری مورد نیاز گیاه در حد بهینه جذب گیاه شود و علائم کمبود و یا سمیت هنگامی ظاهر می‌شود که عناصر غذایی با غلظت‌های پایین یا خیلی بالا جذب شوند (۲۴). در کشور ما به اثرات نسبت‌های Ca:B بر روی جذب و تجمع عناصر دیگر توجه شایانی نشده است از این‌رو به بررسی این موضوع پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در دسامبر ۲۰۰۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه گرگان انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۴ تکرار انجام شد. تیمارهای مختلف شامل نسبت‌های مختلف Ca:B شامل ۲۰۰۰:۱، ۱۰۰۰:۱، ۵۰۰:۱، ۲۵۰:۱، ۱۲۵:۱ و ۲۵:۱ بود. هر تیمار در گلدان‌های پلاستیکی سه کیلوگرمی اعمال شد و در هر گلدان به تعداد ۲۰ بذر گندم در بستر شن و پرلیت کشت شد.

آزمایش‌های گلخانه‌ای

تهیه بستر شن و پرلیت: در آزمایش‌های گلخانه‌ای، گلدان‌های سه کیلوگرمی با آب مقطر به‌طور کامل شستشو شدند. سپس شن‌ها پس از عبور از الک ۵ میلی‌متری چندین بار توسط آب شهری شستشو و بلافاصله برای چندین بار با آب مقطر شستشو و آبکشی شدند. بعد به‌مدت ۳ ساعت در اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال گذاشته شدند تا تمامی عناصر

گزارش داد که با افزایش یک کیلوگرم در هکتار بور محصول بادام‌زمینی ۵۴ درصد افزایش یافت (۶). زمانی که نسبت کلسیم به بور در خاک کاهش یابد، غلظت منیزیم در محلول خاک به‌طور خاصی کاهش می‌یابد که همبستگی مثبت بین این دو عنصر را نشان می‌دهد (۵). کومار و آرورا (۱۹۸۱) بیان کرد که با کاهش نسبت کلسیم به بور در خاک، غلظت پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد که ممکن است به‌دلیل تأثیر غیرمستقیم بور روی کلسیم باشد (۱۴). همچنین، به‌دلیل این که جذب پتاسیم به غلظت کلسیم خاک بستگی دارد. رفتار پتاسیم به‌طور عمده در گیاه به‌دلیل فرآیند تبادل یونی در خاک است که کلسیم جایگزین پتاسیم می‌شود (۲۴).

عادل‌اوغلو و عادل‌اوغلو (۲۰۰۶) بیان داشت عملکرد ماده خشک ذرت به‌طور وسیع تحت تأثیر سرعت افزایش بور و روی است (۱). عملکرد ماده خشک با مصرف زیاد بور کاهش و با مصرف روی افزایش می‌یابد و با افزایش مصرف فسفر غلظت بور در ذرت کاهش می‌یابد. همچنین دریافتند که با مصرف مقدار بالایی ازت سمیت بور کاهش می‌یابد. گونش و همکاران (۲۰۰۰) سرعت افزایش بور و روی را در گوجه‌فرنگی مطالعه کردند، که در شرایط کمبود روی غلظت بور در گیاه افزایش می‌یابد (۹). در این آزمایش ازت، فسفر و پتاسیم با به‌کارگیری روی و بور در گیاه افزایش دارند و نیز مس، روی و منگنز در ذرت رفتار مشابهی با عناصر فوق دارند. غلظت آهن در ذرت با غلظت روی رابطه معکوس و با بور رابطه مثبت دارد. افزایش جذب سدیم به‌طور مستقیم متأثر از مقدار کلسیم در راستای افزایش بور در محلول غذایی و در گیاه است. به‌دلیل این‌که واضح است که واکنش‌های تبدیلی هنگامی اتفاق می‌افتد که کاتیون‌های Ca^{+2} ، K^{+} ، Mg^{+2} و Na^{+} که مقدار عناصر گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، در دسترس باشند (۲۴). سو و همکاران (۱۹۹۴) و گولاکیا و پاتل (۱۹۸۸) بیان

توسط دستگاه جذب اتمی (مدل Unicam 919AA) اندازه‌گیری گردید (۱۱).

اندازه‌گیری بور گیاه: اندازه‌گیری بور در گیاه به روش عصاره‌گیری با هضم خشک و اسید کلریدریک ۲ مولار صورت گرفت. یون‌های بورات با معرف آزومتین H در $pH=4/5$ ایجاد کمپلکس قرمز رنگ می‌نماید. مقدار دو میلی‌لیتر از محلول عصاره، شاهد و سری محلول‌های استاندارد پی‌پت و به لوله آزمایش منتقل گردید. سپس مقدار دو میلی‌لیتر از محلول بافر اضافه و دو میلی‌لیتر از آزومتین H اضافه گردید و پس از ۳۰ دقیقه تا حداکثر ۱/۵ ساعت میزان جذب نور با کووت‌های یک سانتی‌متری در طول موج ۴۳۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل BRITE) قرائت و با رسم منحنی کالیبراسیون میزان بور در نمونه‌ها محاسبه گردید.

اندازه‌گیری فسفر گیاه: مقدار ۵ میلی‌لیتر از محلول عصاره و شاهد را به بالن یا لوله آزمایش‌های ۲۵ میلی‌لیتری منتقل و سپس میزان ۵ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدووانادات به آن‌ها اضافه و به حجم رسانده می‌شود. پس از یک ساعت با دستگاه اسپکتوفوتومتر (مدل BRITE) در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت می‌گردد.

اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم در گیاه: نمونه‌های گیاهی با روش خشک سوزانی و با اسید کلریدریک عصاره‌گیری شدند. سری استانداردها، شاهد و عصاره نمونه گیاهی را به نسبت ۹:۱ با کلرور سزیم رقیق و با فلیم‌فوتومتر (مدل JENWAYFP7) قرائت شدند. **روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها:** تجزیه واریانس، آزمون مقایسه‌های میانگین، آزمون همبستگی و رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute Inc.,) (2004) انجام شد (۱۹).

باقی‌مانده از آن‌ها جدا شوند و دوباره با آب مقطر آبکشی شدند. سپس شن‌ها خشک شدند. سپس پرلیت شسته شده با آب مقطر به نسبت ۲:۱ با شن مخلوط گردید و داخل گلدان‌ها ریخته شد. بذرها که از قبل با کاغذ صافی و آب مقطر کشت و جوانه‌زده بودند به تعداد مساوی در گلدان‌ها کاشته شدند. سپس با محلول هوگلند همه عناصر به جز کلسیم، منیزیم و بور به تیمارها داده شد.

تهیه محلول غذایی هوگلند: برای تیمارهای مربوط به نسبت‌های کلسیم به بور محلول هوگلند شامل عناصر کم‌مصرف $[Na_2MoO_4, (CuCl_2, 2H_2O), [ZnCl_2, MnCl_2]$ و پرمصرف (اوره، سولفات منیزیم، فسفات سدیم، نترات سدیم، نترات پتاسیم، فسفات پتاسیم) بود و عناصر کلسیم و بور توسط محلول‌های جداگانه با نسبت‌های مورد نظر به گلدان‌ها داده شد.

محلول حاوی کلسیم و بور: یک محلول مادری ۱۰ گرم بر لیتر از کلرید کلسیم و یک محلول مادری یک گرم بر لیتر از اسید بوریک ساخته شد. به‌عنوان مثال برای ساخت نسبت کلسیم به بور ۱:۲۰۰۰، مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول مادری کلسیمی برداشته در بالن یک لیتری ریخته می‌شود و پس از افزودن یک میلی‌لیتر از محلول مادری بور به حجم رسانده شد. سایر عناصر ضروری نیز از طریق محلول هوگلند بدون کلسیم و بور به گلدان‌ها داده شد.

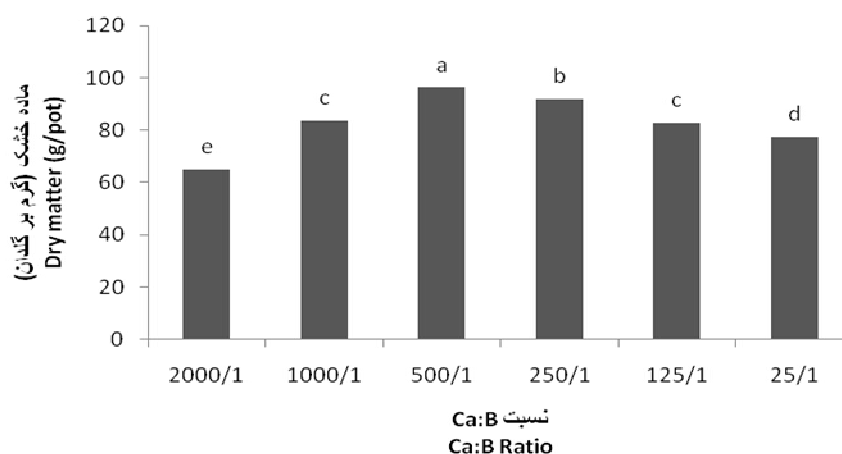
برداشت محصول: گیاهان پس از گذشت شش هفته، کفبر، با آب مقطر شستشو و بر روی دستمال کاغذی آب اضافی آن‌ها گرفته شدند. سپس با آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک و با ترازوی با دقت ۰/۱ گرم توزین گردید.

آنالیز گیاه: نمونه خشک گیاه پس از خاکسترگیری در کوره الکتریکی با اسید کلریدریک ۲ مولار توسط حمام بخار عصاره‌گیری و مقدار کلسیم و منیزیم آن

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف Ca:B بر عملکرد ماده خشک از نظر آماری معنی‌دار شد ($P \leq 0/01$). عملکرد ماده خشک گیاه با کاهش نسبت کلسیم به بور تا نسبت ۱:۵۰۰، افزایش و سپس کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که در نسبت ۱:۵۰۰ بیش‌ترین عملکرد ماده خشک به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که در تیمارهایی که بالاترین نسبت Ca/B را دارا بود، یعنی تیمار

۱:۲۰۰۰، کم‌ترین در صد ماده خشک وجود داشت که احتمالاً به دلیل غلظت بالای کلسیم نسبت به بور رخ داده است. این مطلب به خوبی مشخص شده است که گیاهان زراعی برای رشد نیاز بالایی به بور دارند (۱۳، ۱۶، ۲۰). این نکته را نیز می‌توان گفت که در شرایط کمبود بور غلظت سایر عناصر غذایی تغییر می‌کند که خود یک عامل مهم در کاهش عملکرد وزن خشک است (۲۵). مشابه همین نتایج در آزمایش‌های طارق و مات (۲۰۰۷) و کارپنارتنز و ارتنارویز (۱۹۸۷) نیز به‌دست آمد (شکل ۱) (۲۴، ۳).



شکل ۱- عملکرد ماده خشک گیاه در نسبت‌های مختلف Ca:B.

Figure 1. Dry matter yield in different ratios of Ca:B.

فسفر را طبق یک الگو جذب می‌کنند که ممکن است به دلیل اثرات متقابل مثبت بین این دو عنصر در گیاه باشد (۲۴). تاکنون گزارش‌های زیادی از درست یا نادرست بودن اثر متقابل مثبت بین فسفر و بور گزارش شده است (۱۷). بور و فسفر دارای واکنش مشابه با گروه هیدروکسیل (OH^-) در گیاه هستند. بنابراین جذب این عناصر از یک الگو پیروی می‌کند (۱۲، ۲۴).

پتاسیم: نتایج نشان داد که جذب پتاسیم توسط گیاه در نسبت‌های مختلف کلسیم به بور از نظم معینی پیروی نمی‌کند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که

فسفر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۱) که نسبت‌های مختلف کلسیم به بور، دارای اختلاف معنی‌دار از نظر فسفر با یکدیگر بود ($P \leq 0/01$). آزمون مقایسه‌های میانگین نشان داد که تیمار ۱:۱۲۵ نسبت به سایر تیمارها بالاترین جذب فسفر را داشت و با کاهش نسبت کلسیم به بور، مقدار فسفر در گیاه افزایش یافت. این نتایج با نتایج سینگ و سینگ (۱۹۸۳) و بارتلت و پیکارلی (۱۹۷۳)، مطابقت دارد (۲۱، ۲). افزایش جذب فسفر با کاهش نسبت کلسیم به بور توسط گیاه نشان‌دهنده یک همبستگی منفی بین فسفر و نسبت‌های مختلف Ca:B است. گیاهان بور و

به بور در خاک، غلظت پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد که ممکن است به دلیل تأثیر غیرمستقیم بور روی کلسیم باشد (۱۴). زیرا جذب پتاسیم به غلظت کلسیم خاک بستگی دارد. رفتار پتاسیم به طور عمده در گیاه به دلیل فرآیند تبادل یونی در خاک است که کلسیم جایگزین پتاسیم می‌شود (۲۴).

نسبت‌های مختلف Ca:B، با هم اختلاف معنی‌دار داشته ($P \leq 0/01$) و نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای ۱:۱۰۰۰ و ۱:۵۰۰ بیش‌ترین جذب پتاسیم را دارا بودند. در آزمایشی که طارق و مات (۲۰۰۷) انجام دادند، مقدار جذب پتاسیم در گیاه و عملکرد ماده خشک از یک الگو پیروی می‌کردند (۲۴). کومار و آرورا (۱۹۸۱) بیان کرد که با کاهش نسبت کلسیم

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک و جذب عناصر.

Table 1. Results of ANOVA on dry matter yield and taken up nutrients.

میانگین مربعات Mean Squares							درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
بور B	منیزیم Mg	کلسیم Ca	سدیم Na	پتاسیم K	فسفر P	ماده خشک Dry matter		
1.30**	6.8*	4056.7**	9.5*	0.59**	4.1**	490.3**	5	نسبت Ca:B (Ca:B Ratio)
1.25	2.4	14.8	3.1	0.14	4.3	1.5	18	خطا (Error)
27.0	21.5	8.5	21.8	34.8	38.6	1.5		ضریب تغییرات (%) CV (%)

* و ** یعنی به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

*, ** i.e. statistical significant at *P. values* 0.05 and 0.01, respectively.

جدول ۲- آزمون مقایسه‌های میانگین عملکرد ماده خشک و جذب عناصر*.

Table 2. Mean comparisons test on dry matter yield and taken up nutrients[†].

بور B	منیزیم Mg	کلسیم Ca	سدیم Na	پتاسیم K	فسفر P	عملکرد ماده خشک Dry matter yield (g/pot)	تیمار (Treatment)
3.4 ^c	5.7 ^d	105.2 ^a	5.0 ^b	0.6 ^c	4.8 ^c	65.0 ^e	2000:1
3.8 ^c	6.3 ^c	54.9 ^b	1.0 ^d	1.5 ^a	5.0 ^c	83.5 ^e	1000:1
3.9 ^c	6.7 ^c	32.5 ^c	1.3 ^d	1.4 ^a	6.3 ^b	96.3 ^a	500:1
4.3 ^b	9.4 ^a	27.3 ^c	4.7 ^c	0.6 ^c	0.3 ^d	91.9 ^b	250:1
4.5 ^b	7.7 ^b	31.1 ^c	1.3 ^d	1.2 ^b	7.5 ^a	82.9 ^c	125:1
5.0 ^a	7.4 ^b	18.8 ^d	7.5 ^a	1.1 ^b	6.8 ^b	77.3 ^d	25:1

* حروف مشابه در سطح احتمال ($\alpha=5\%$) معنی‌دار نیستند.

[†] Means within each column followed by the same letters are not significant (Lsd, $\alpha=5\%$).

کلسیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کلسیم به بور بر جذب کلسیم معنی‌دار بود ($P \leq 0/01$) و تیمار ۱:۲۰۰۰ بیش‌ترین جذب کلسیم را داشت و پس از آن تیمارهای ۱:۱۰۰۰، ۱:۵۰۰، ۱:۲۵۰، ۱:۱۲۵ و ۱:۲۵ به‌ترتیب بیش‌ترین جذب کلسیم را داشتند. همان‌طور که انتظار می‌رفت با افزایش نسبت کلسیم به بور مقدار کلسیم در گیاه افزایش یافت. در واقع افزایش نسبت کلسیم به بور در محلول باعث افزایش فراهمی کلسیم و به‌دنبال آن غلظت کلسیم در گیاه می‌شود. طارق و مات (۲۰۰۷) بیان کردند که رابطه مثبت و مستقیمی بین غلظت کلسیم در گیاه و نسبت کلسیم به بور در محلول غذایی وجود دارد، به‌عبارت دیگر نشان‌دهنده این مطلب است که جذب کلسیم و مصرف آن توسط گیاه تریچه علاوه بر مقدار کلسیم به مقدار بور نیز در محلول غذایی بستگی دارد (۲۴). نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با نتایج گولاکیا و پاتل (۱۹۸۸) و سو و همکاران (۱۹۹۴) مطابقت دارد (۸، ۲۳).

منیزیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر میزان منیزیم معنی‌دار بود ($P \leq 0/05$) و تیمار ۱:۲۵۰ بیش‌ترین جذب را داشت. با کاهش نسبت کلسیم به بور، مقدار بور در گیاه افزایش یافت. این مطلب روابط فیزیولوژی و شیمیایی بین کلسیم و بور در خاک و گیاه را بیان می‌کند. نتایج مشابه در پژوهش‌های گولاکیا و پاتل (۱۹۸۸) و سو و همکاران (۱۹۹۴) به‌دست آمد (۸، ۲۳). این نتایج همچنین بیانگر این مطلب است که قابلیت استفاده بور در خاک و نیز جذب آن توسط گیاه به نسبت کلسیم به بور بستگی دارد (۲۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر میزان منیزیم معنی‌دار بود ($P \leq 0/05$) و تیمار ۱:۲۵۰ بیش‌ترین جذب را داشت و پس از آن تیمارهای ۱:۱۲۵، ۱:۲۵۰، ۱:۱۲۵ و ۱:۲۵ بیش‌ترین جذب را داشتند. داده‌ها نشان می‌دهند که با کاهش نسبت کلسیم به بور غلظت و جذب منیزیم در گیاه افزایش می‌یابد. نتایج طارق و مات (۲۰۰۷) نشان داد که بالاترین جذب منیزیم در تیمار ۱:۵۰۰ بود و همچنین در آزمایش آن‌ها غلظت و جذب منیزیم و پتاسیم از یک الگو پیروی می‌کرد (۲۴).

کلسیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کلسیم به بور بر جذب کلسیم معنی‌دار بود ($P \leq 0/01$) و تیمار ۱:۲۰۰۰ بیش‌ترین جذب کلسیم را داشت و پس از آن تیمارهای ۱:۱۰۰۰، ۱:۵۰۰، ۱:۲۵۰، ۱:۱۲۵ و ۱:۲۵ به‌ترتیب بیش‌ترین جذب کلسیم را داشتند. همان‌طور که انتظار می‌رفت با افزایش نسبت کلسیم به بور مقدار کلسیم در گیاه افزایش یافت. در واقع افزایش نسبت کلسیم به بور در محلول باعث افزایش فراهمی کلسیم و به‌دنبال آن غلظت کلسیم در گیاه می‌شود. طارق و مات (۲۰۰۷) بیان کردند که رابطه مثبت و مستقیمی بین غلظت کلسیم در گیاه و نسبت کلسیم به بور در محلول غذایی وجود دارد، به‌عبارت دیگر نشان‌دهنده این مطلب است که جذب کلسیم و مصرف آن توسط گیاه تریچه علاوه بر مقدار کلسیم به مقدار بور نیز در محلول غذایی بستگی دارد (۲۴). نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با نتایج گولاکیا و پاتل (۱۹۸۸) و سو و همکاران (۱۹۹۴) مطابقت دارد (۸، ۲۳).

منیزیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر میزان منیزیم معنی‌دار بود ($P \leq 0/05$) و تیمار ۱:۲۵۰ بیش‌ترین جذب را داشت. با کاهش نسبت کلسیم به بور، مقدار بور در گیاه افزایش یافت. این مطلب روابط فیزیولوژی و شیمیایی بین کلسیم و بور در خاک و گیاه را بیان می‌کند. نتایج مشابه در پژوهش‌های گولاکیا و پاتل (۱۹۸۸) و سو و همکاران (۱۹۹۴) به‌دست آمد (۸، ۲۳). این نتایج همچنین بیانگر این مطلب است که قابلیت استفاده بور در خاک و نیز جذب آن توسط گیاه به نسبت کلسیم به بور بستگی دارد (۲۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر میزان منیزیم معنی‌دار بود ($P \leq 0/05$) و تیمار ۱:۲۵۰ بیش‌ترین جذب را داشت و پس از آن تیمارهای ۱:۱۲۵، ۱:۲۵۰، ۱:۱۲۵ و ۱:۲۵ بیش‌ترین جذب را داشتند. داده‌ها نشان می‌دهند که با کاهش نسبت کلسیم به بور غلظت و جذب منیزیم در گیاه افزایش می‌یابد. نتایج طارق و مات (۲۰۰۷) نشان داد که بالاترین جذب منیزیم در تیمار ۱:۵۰۰ بود و همچنین در آزمایش آن‌ها غلظت و جذب منیزیم و پتاسیم از یک الگو پیروی می‌کرد (۲۴).

سدیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری از نظر جذب سدیم وجود داشت

نتیجه‌گیری

با کاهش نسبت کلسیم به بور در محلول کشت، مقدار ماده خشک گیاه افزایش یافت و بالاترین میزان ماده خشک در تیمار ۱:۵۰۰ رخ داد. مقادیر فسفر، پتاسیم، منیزیم، سدیم و بور در گیاه دارای همبستگی منفی با کلسیم است. کاهش تولید ماده خشک در گیاه با افزایش نسبت کلسیم به بور در محلول می‌تواند به دلیل برهم‌کنش منفی بین کلسیم و بور باشد.

۱:۲۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰ جذب بور به‌طور کاملاً روشنی کاهش داشته است، که شاید البته به دلیل کاهش عملکرد وزن خشک بوده است (۲۴). دوی‌ودی و همکاران (۱۹۹۲) بیان کرد کاهش جذب بور در گیاه نخود و ذرت می‌توان به دلیل کاهش عملکرد ماده خشک در مقادیر بالای کودهای بور باشد به این معنا که کاهش عملکرد ماده خشک به دلیل سمیت بور بوده است و نه به دلیل افزایش نسبت کلسیم به بور (۷).

منابع

1. Adiloglu, A., and Adiloglu, S. 2006. The effect of boron application on the growth and nutrient content of maize in zink deficient soils. *Bulgar. J. Agric. Sci.* 12: 387-392.
2. Bartlett, R.J., and Picarelli, C.J. 1973. Availability of Boron and Phosphorous and affected by liming and acid potato soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 116: 77-83.
3. Carpena-Arteza, O., and Carpena-Ruiz, R.O. 1987. Effects of boron in tomato plant. Leaf evaluations. *Agrochimica.* 31: 391-400.
4. Chaves, L.A., Garcia, J., Jimenez, S., and Lao, M.T. 2006. Influence of the modification of nutrition parameters in *Aglaonema commutatum*: K, Ca, Mg and Na. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 37: 2927-2937.
5. Curtin, D., and Similie, G.W. 1983. Soil solution composition as affected by liming and incubation. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 47: 701-707.
6. Dar, W.D. 2004. Macro-benefits from micronutrients for grey to green revolution in agriculture. P 1-13, In: IFA International Symposium on Micronutrients, New Delhi, India.
7. Dwivedi, B.S., Ram, M., Singh, B.P., Das, M., and Prasad, R.N. 1992. Effect of liming on boron nutrition of pea (*Pisum sativum* L.) and corn (*Zea mays* L.) grown in sequence in an acid Alfisol. *Fert. Res.* 31: 257-262.
8. Golakiya, B.A., and Patel, M.S. 1988. Effect of Ca:B ratio on yield attribute and yield ground nut. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 36: 287-290.
9. Gunes, A., Alpaslan, M., Cikili, Y., and Ozcan, H. 2000. The effect of zinc on alleviation toxicity in tomato plants. *Turk. J. Agric. For.* 24: 505-509.
10. Johnson, G.V., and Fixen, P.E. 1990. Testing soils for sulfur, boron, molybdenum and chlorine. P 265-273, In: R.L. Westerman (Ed.), *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Science Society of America: Madison, Wisc., USA.
11. Jones, J.B.Jr., and Case, V.W. 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. P 389-427, In: R.L. Westerman (Ed.), *Soil testing and plant analysis*. 3rd ed. Soil Sci. Soc. Am., Inc. Madison, WI., USA.
12. Kabata-Pendias, A., and Hyrenk-Pendias. 1984. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
13. Katyal, J.C., and Randhawa, N.S. 1983. Micronutrients. *FAO Fertilizer and plant Nutrition. Bulletin*, No.7. UN.
14. Kumar, S., and Arora, B.R. 1981. Potassium/Boron Synergism in the nutrition of rice. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 29: 563-564.
15. Le Bot, J., Adamowicz, S., and Robin, P. 1998. Modeling plant nutrition of horticulture crops: a review. *Sci. Hort.* 74: 47-82.
16. Murphy, L.S., and Walsh, L.M. 1972. Correction of micro nutrient deficiencies with fertilizers. P 347-381, In: J.J. Mortvedt, P.M. Giordano and W.L. Lindsay (Eds.), *Micronutrients in Agriculture*. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin, USA.

17. Patel, N.K., and Mehta, B.V. 1966. Effects of various calcium-boron and potassium- boron ratios on the growth and chemical composition of aromatic strain of bidi tobacco. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 34: 815-820.
18. Ponnamperna, F.N., Clayton, M.T., and Lantin, R.S. 1981. Dilute hydrochloric acid as an extractant for available zinc, copper, and boron in rice soil. *Plant Soil.* 61: 297-310.
19. SAS Institute Inc. 2004. SAS Online Doc 9.1.2. Cary, N.C.: SAS Institute Inc. USA.
20. Sillanpaa, M. 1972. Trace elements in soils and agriculture. Food and Agric. Org. UN, Rome. *Soils Bulletin No.* 17.
21. Singh, V., and Singh, S.P. 1983. Effect of applied boron on the chemical composition of lentil plants. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 31: 169-170.
22. Srivastava, S.P., Yadav, C.R., Rego, T.J., Johansen, C., Saxena, N.P., and Ramakrishna, A. 1996. Diagnosis of Boron deficiency as a cause of flower abortion and failure of pod set in chickpea in Nepal. *International Chickpea Newsletter.* 3: 29-30.
23. Su, C., Evans, L.J., Bates, T.E., and Spires, G.A. 1994. Extractable soil boron and alfalfa uptake: Calcium carbonate effects on acid soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1445-1450.
24. Tariq, M., and Matt, C.J.B. 2007. Effect of Calcium-Boron Ratio and accumulation of nutrient-elements by radish. *ARPJ. Agric. Biol. Sci.* 2: 4-13.
25. Valmis, J., and Ulrich, A. 1971. Boron nutrition in the growth and sugar content of sugar beets. *J. Am. Soc. Sugarbeet Tech.* 16: 428-439.



The effect of Ca:B ratio on the yield and nutrient elements uptake of wheat

M. Samani¹, *E. Dordipour², F. Khormali³ and K. Bazargan⁴

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Professor, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴Research Assistant Prof., Soil and Water Research Institute of Iran
Received: 04/29/2015; Accepted: 04/10/2016

Abstract

Background and Objectives: Boron is one of two nonmetal micronutrients. Total boron concentration in soils varies between 2 and 200 mg Kg⁻¹ and frequently ranges from 7 to 80 mg Kg⁻¹. Less than 5% of total soil boron is plant available. The primary function of boron is in plant cell wall structural integrity. Boron is important for cell expansion, regulation of H⁺ transport, retention of cellular Ca⁺² and control of lignin production following cell expansion. Cell wall stability is especially important during pollen tube growth that is essential for seed development. Adequate boron increases flower production and retention and seed and fruit development. Boron deficiency often occurs with < 20 mg Kg⁻¹ in mature leaf tissue of most crops. Boron toxicity to plants is uncommon in most arable soils unless it has been added in excessive amounts in fertilizers. When Calcium availability is high, plants can tolerate higher boron availability. Under low Calcium supply, many crops exhibit lower boron tolerance. High solution Ca⁺² protects crops from excess boron. The Ca:B ratio in leaf tissues has been used to assess boron status of crops, where boron deficiency for most crops is likely when Ca:B ratio is greater than 1200:1. The major objective of this study is to assess the effect of Ca:B ratios on the yield and absorption of essential nutrients on crops which have not been practiced extensively, particularly on wheat that planting on large areas.

Materials and Methods: In the present study, the effect of various Ca:B ratios on wheat yield and nutrients acquisitions was investigated. The experiment was laid out in a randomized complete block design with 6 treatments and 4 replications, in a greenhouse. Different Ca:B ratios were, 2000:1, 1000:1, 500:1, 250:1, 125:1 and 25:1. In each pot, 20 seeds were planted in a sand and perlite culture. The essential nutrients were applied through Hoagland solution.

Results: The results showed that the plant dry matter content increases with decreased Ca:B ratios and the adverse effect of boron decreases with increasing calcium concentration. phosphorous, potassium, magnesium, boron and sodium contents in the plant were significantly increased with decreasing Ca:B ratios in solution culture. There were inverse relationships among the Ca:B ratios and other nutrients.

Conclusion: Therefore, due to the boron importance in flower production and seed development and because of the narrow range between boron deficiency and toxicity levels, the Ca:B ratio should be adequately considered when boron is applied.

Keywords: Calcium, Boron, Ratio, Wheat, Uptake

* Corresponding Authors; Email: e.dordipour@yahoo.com